Определение реактивной мощности и тока холостого хода электродвигателя.

Данные нормальных значений реактивной мощности холостого хода необходимы производственникам осуществляющим эксплуатацию и ремонт асинхронных электродвигателей. Эти данные дают возможность правильно оценивать фактические показатели работы и техническое состояние электродвигателей, определять эффективность применения ограничителей холостого хода, а так же пременяется для расчета компенсаторов реактивной мощности. Электромашиностроительные заводы в своих каталогах не приводят данных реактивной мощности и тока холостого хода.
Для восполнения этого пробела в ряде литературных источников приводятся способы определения реактивной мощности холостого хода асинхронных электродвигателей. Величина реактивной мощности холостого хода электродвигателей, для которых известны только значения номинального режима работы $P_{\text{Н}}$, $\eta_{\text{Н}}$ и $cos\varphi_{\text{Н}}$, может быть определена по формуле:

$$P_{VAR0} = \frac{P_{\text{НОМ}} \times k}{\eta_{\text{Н}}} \text{ квар (4)}$$

где: P_{VAR0} – реактивная мощность при холостом ходе, (*квар* - киловольт-ампер реактивной), $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность (*квт*), $\eta_{\text{НОМ}}$ – *кпд* при номинальной мощности, k – расчетный параметр, определяемый при помощи графика на рис. 1, построенного для усредненных пусковых данных (кратностей пускового тока и момента $sin\varphi_{\text{ПУСК}}$) наиболее часто встречающихся на практике.
При наличии каталожных данных – значений *кпд* и коэффициента мощности ($cos\varphi$) при частичных нагрузках электродвигателя, например для серии 4А, величина P_{VAR0} может быть определена применительно к конкретному электродвигателю:

$$P_{VAR0} = \frac{P_{VAR\text{НАГ}} - K_{\text{НАГ}}^2 \times P_{\text{НОМ}}}{1 - K_{\text{НАГ}}^2} \text{ квар} \quad (5)$$

где: P_{VAR0} – реактивная мощность при холостом ходе (VAR – вольт-ампер реактивной), $P_{\text{VARНАГ}}$ – реактивная мощность асинхронного электродвигателя при частичной нагрузке (при данном коэффициенте нагрузки $K_{\text{НАГ}}$);

$$P_{VAR\text{НАГ}} = \frac{K_{\text{НАГ}} \times P_{\text{НОМ}} \times tg\varphi_{\text{НАГ}}}{\eta_{\text{НАГ}}} \text{ квар (6)}$$

где: $\eta_{\text{НАГ}}$ – *кпд* электродвигателя при данном коэффициенте нагрузки $K_{\text{НАГ}}$, $tg\varphi_{\text{НАГ}}$ – тангенс угла сдвига фаз, соответствующий коэффициенту мощности ($cos\varphi$) при данном $K_{\text{НАГ}}$. Эта же формула применима для номинально режима с данными для номинального режима ($P_{\text{НОМ}}$, $tg\varphi_{\text{НОМ}}$, $\eta_{\text{НОМ}}$) но без коэффициента нагрузки в числителе.
Тангенс угла сдвига фаз находится следующим образом. Для этого надо вернуть значение угла из известного $cos\varphi$ обратным расчетом в градусы и затем преобразовать угол в тангенс. Обратный подсчет состоит в преобразовании значения $cos\varphi$ в арккосинус или в cos в минус первой степени (cos^{-1}) на калькуляторе или используя таблицы Брадиса с готовыми данными.
Например, обратное преобразование для примера показанного далее, $cos0{,}80$ в градусах составит: $cos^{-1}0{,}8 = 36{,}869°$, а тангенс этого угла сдвига – $tg36{,}869° = 0{,}75$. Угол сдвига в градусах для $cos0{,}89$: $cos^{-1}0{,}89 = 27{,}126°$, а тангенс этого угла сдвига – $tg27{,}126° = 0{,}512$.
Зная величину P_{VAR0} можно определить ток холостого хода I_0, который с небольшой погрешностью принимают равным намагничивающему току:

$$I_0 \approx \frac{P_{VAR0}}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}} \text{ (7)}$$

Пример. Определить реактивную мощность и ток холостого хода асинхронного электродвигателя типа 4А100S2, исходя из следующих данных: $P_{НОМ}$ = 4 *квт*, $U_{НОМ}$ = 380 *в*, $I_{НОМ}$ = 7,8 *А*, $\eta_{НОМ}$ = 86,5%, $cos\varphi_{НОМ}$ = 0,89. Значения *кпд* и *cos*φ при частичных нагрузках по данным каталога (01.01.63–77 Двигатели асинхронные трехфазного тока единой серии 4А мощностью от 0,6 до 400 *квт*):

$K_{НАГ}$	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25
η %	80	86	87	86,5	85
*cos*φ	0,60	0,80	0,86	0,89	0,90
*tg*φ	1,333	0,75	0,593	0,512	0,484

Примем $K_{НАГ}$ = 0,5, (при 50%, т. е. в половину мощности) тогда:
Реактивная мощность при номинальном режиме:

$$P_{VAR\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \times tg\varphi_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{4 \times 0{,}512}{0{,}865} = 2{,}37 \text{ квар}$$

Реактивная мощность при режиме 0,5 (50% нагрузки):

$$P_{VAR\text{НАГ}} = \frac{K_{\text{НАГ}} \times P_{\text{НОМ}} \times tg\varphi_{\text{НАГ}}}{\eta_{\text{НАГ}}} = \frac{0{,}5 \times 4 \times 0{,}75}{0{,}86} = 1{,}74 \text{ квар}$$

Реактивная мощность при холостом ходе:

$$p_{VAR0} = \frac{P_{VAR\text{НАГ}} - K_{\text{НАГ}}^2 \times P_{VAR\text{НОМ}}}{1 - K_{\text{НАГ}}^2} = \frac{1{,}74 - 0{,}5^2 \times 2{,}37}{1 - 0{,}5^2} = \frac{1{,}1475}{0{,}75} = 1{,}53 \text{ квар}$$

Ток холостого хода:

$$I_0 = \frac{P_{VAR0}}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}} = \frac{1{,}53 \times 1000}{1{,}732 \times 380} = 2{,}32\ A$$

здесь множитель 1000 для преобразования киловольт-ампер в вольт-амперы. Или в относительных единицах:

$$\frac{I_0}{I_{\text{НОМ}}} = \frac{2{,}32}{7{,}8} = 0{,}297 \text{ т. е. примерно 30\% от номинального тока.}$$

Используя выражение (4) и график на рис. 1, получим для этого же двигателя (при *cos*φ = 0,89 – соответсвует *k* = 0,34, и *η* = 0,865):

$$P_{VAR0} = \frac{P_{\text{НОМ}} \times k}{\eta_{\text{НОМ}}} = \frac{4 \times 0{,}34}{0{,}865} = 1{,}57 \text{ квар} \qquad I_0 = \frac{P_{VAR0}}{\sqrt{3} \times U_{\text{НОМ}}} = \frac{1{,}57 \times 1000}{1{,}732 \times 380} = 2{,}38\ A$$

То есть расхождение составляет около 3% по сравнению с методом каталожных данных. Метод каталожных данных применим для асинхронных электродвигателей любого исполнения, как для короткозамкнутых так и с фазным ротором, а метод с использованием подсчета по формуле (4) – только для асинхронных короткозамкнутых электродвигателей нормального исполнения.

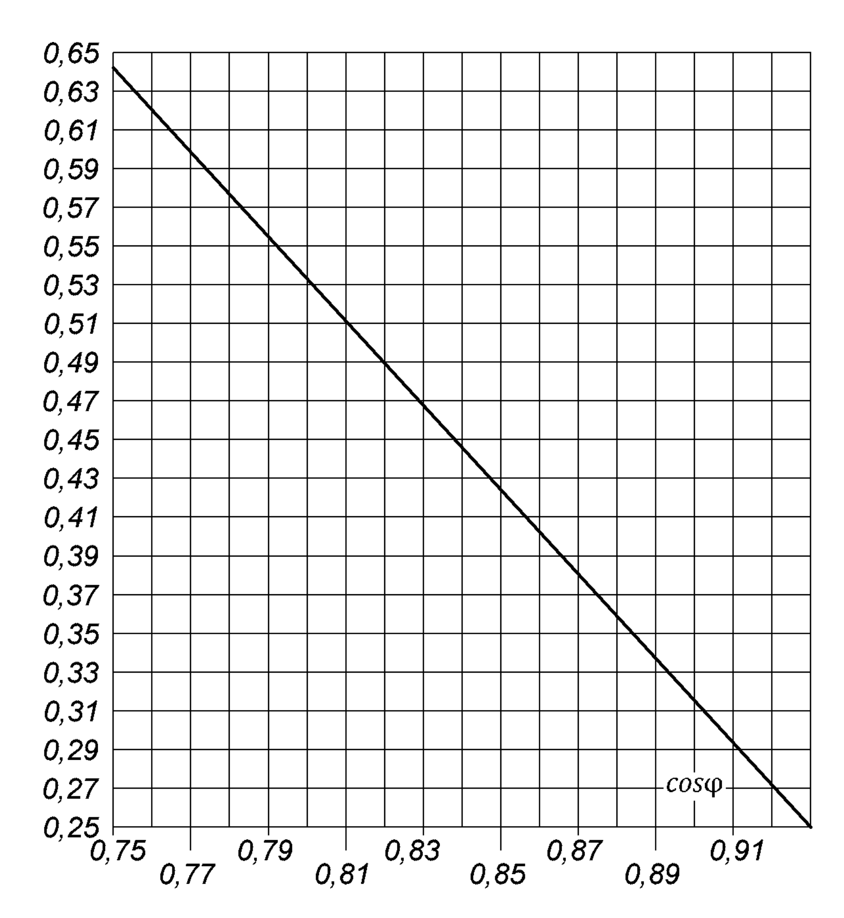


Рис. 1. Зависимость расчетного параметра *k* от номинального коэффициента мощности *cos*φ асинхронного электродвигателя.

Кузнецов Б. В., Сацукевич М. Ф.
Асинхронные электродвигатели и аппараты управления, 1982, стр. 18 – 21.